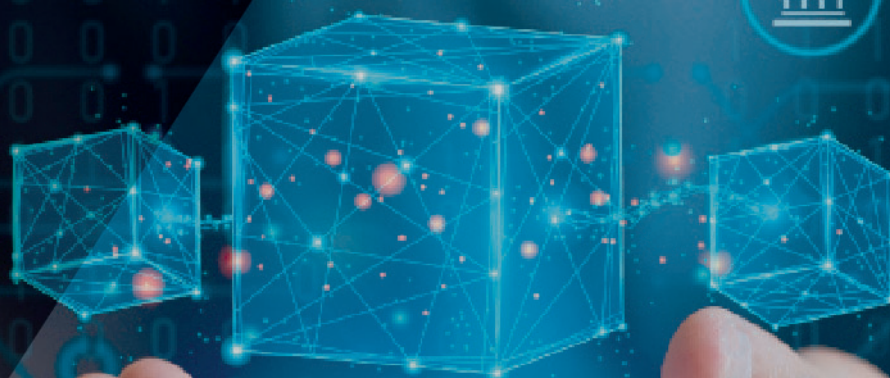




BLOCK CHAIN



APP inteligentes, una nueva arquitectura contractual con trazabilidad y gobernanza digital

Artículo ganador del Concurso "Saber que Construye" 2025 - Categoría: Especialista con experiencia en APP



Dante Aguilar Onofre

**APP inteligentes, una nueva
arquitectura contractual con
trazabilidad y gobernanza digital**

*Una propuesta para integrar blockchain en la
estructuración de contratos público-privados*

Agencia de Promoción de la Inversión Privada – PROINVERSIÓN

Octubre 2025



APP inteligentes, una nueva arquitectura contractual con trazabilidad y gobernanza digital

La Agencia de Promoción de la Inversión Privada – PROINVERSIÓN no se responsabiliza por los comentarios y/o afirmaciones que el presente documento contenga. La finalidad del presente documento tiene como tenor el ámbito informativo - académico y no de crítica. La integridad del documento, incluyendo opiniones y estimaciones, ha sido elaborado por los autores, por lo que están sujetas a modificación sin previo aviso y no implican, necesariamente, una posición institucional de PROINVERSIÓN. La investigación desarrollada se basa en información pública disponible, por lo que no puede ser empleada como medio probatorio en la resolución de ningún tipo de controversia. Esperamos que el lector encuentre el presente documento como un referente para comprender más acerca del análisis del potencial de la tecnología *blockchain* y los contratos inteligentes en la modernización del modelo de Asociaciones Público-Privadas en el Perú, con énfasis en el rediseño contractual.

SABER QUE CONSTRUYE 2025

Es un concurso académico impulsado por la Sub Dirección de Gestión del Conocimiento de PROINVERSIÓN desde el 2024 destinado a seleccionar los mejores artículos académicos producidos tanto por miembros de la Red de Egresados del Programa de Extensión Universitaria de PROINVERSIÓN (PEU) en APP y PA, como por investigadores independientes, profesionales, académicos y estudiantes universitarios, tanto del ámbito público como privado, que desean aportar al desarrollo teórico y aplicado de la participación público privada en infraestructura, servicios públicos o activos públicos.

Tiene como objetivos fomentar la investigación y colaborar en la difusión y realce de los ganadores del concurso como investigadores en materia de inversión privada, a través de medios digitales.

En esta edición, el jurado de evaluación estuvo conformado por los siguientes representantes de las unidades orgánicas de PROINVERSIÓN:

- Lucy Henderson – Sub Directora de Gestión del Conocimiento
- Luis Corrales – Especialista Legal de la Dirección Especial de Proyectos
- Carolina Palza – Especialista Técnico de la Dirección de Portafolio de Proyectos



ÍNDICE

Resumen	6
1. Introducción	8
2. Desarrollo	10
2.1. Gobernanza digital y APP como bases para un nuevo modelo contractual.	10
2.1.1. Antecedentes de las Asociaciones Público-Privadas en el Perú	10
2.1.2. Costos de transacción y complejidad contractual en APP	11
2.1.3. Tecnología blockchain como infraestructura de confianza	11
2.1.4. Contratos inteligentes como instrumento de ejecución automática	12
2.1.5. Relevancia para el caso peruano	14
2.2. Problemática en la estructuración contractual de APP	15
2.2.1. Panorama general de los desafíos en APP	15
2.2.2. Complejidad contractual y costos de transacción	15
2.2.3. Demoras y limitaciones en obligaciones estatales	16
2.2.4. Asimetrías de información y trazabilidad limitada	16
2.2.5. Renegociaciones y arbitrajes frecuentes	17
2.2.6. Fragmentación y débil gobernanza institucional	18
2.2.7. Relevancia de abordar la problemática	19
2.3. Propuesta de solución incorporando APP inteligentes con contratos blockchain	19
2.3.1. Principios generales de la solución propuesta	19
2.3.2. Principales componentes del modelo propuesto	20
2.3.3. Del diagnóstico a la propuesta, correspondencias clave	21
2.3.4. Beneficios esperados del modelo	21
2.3.5. Condiciones de implementación en el Perú	22
2.4. Del modelo tradicional a las APP inteligentes, un análisis crítico	23
2.5. Caso de aplicación prospectiva; planta de tratamiento de drenaje ácido	24
3. Conclusiones	27
4. Bibliografía	28
5. Anexos	31

RESUMEN

Este artículo analiza el potencial de la tecnología blockchain y los contratos inteligentes en la modernización del modelo de Asociaciones Público-Privadas (APP) en el Perú, con énfasis en el rediseño contractual. La propuesta busca enfrentar dos desafíos persistentes en la gestión de estas asociaciones; la limitada trazabilidad de los compromisos y las dificultades para garantizar el cumplimiento verificable de hitos y obligaciones. La incorporación de un registro distribuido y protocolos digitales permite que hitos contractuales como pagos por avance, entrega de estudios o implementación de medidas ambientales y sociales queden respaldados en registros inmutables y verificables. Ello no elimina la necesidad de validación institucional, pero sí contribuye a reducir la carga administrativa, disminuir márgenes de discrecionalidad y reforzar la seguridad jurídica de las partes. La trazabilidad integral del ciclo de vida contractual facilitaría, además, auditorías y controles en tiempo real por parte de entidades como PROINVERSIÓN, el Ministerio de Economía y Finanzas o la Contraloría, al tiempo que las observaciones técnicas de los reguladores podrían integrarse como hitos vinculados a decisiones de gestión contractual. Este rediseño fortalece la transparencia y promueve un modelo más confiable y eficiente para atraer inversión en infraestructura sostenible, tomando como referencia experiencias exitosas en países como Corea del Sur, Estonia, Colombia y los Emiratos Árabes Unidos.

Palabras clave: *Contratos inteligentes, blockchain, transparencia, seguridad jurídica, gobernanza digital.*

ABSTRACT

This article examines the potential of blockchain technology and smart contracts to modernize the Public-Private Partnership (PPP) model in Peru, with a focus on contractual redesign. The proposal seeks to address two persistent challenges in PPP management: the limited traceability of commitments and the difficulty of ensuring verifiable compliance with milestones and obligations. By using distributed ledgers and digital protocols, contractual milestones—such as progress payments, delivery of studies, or the implementation of environmental and social measures—can be recorded in immutable and auditable registers. This approach does not replace institutional validation but contributes to reducing administrative burdens, limiting discretion, and strengthening legal certainty for all parties involved. Comprehensive traceability of the contract's life cycle would also facilitate real-time audits and oversight by entities such as ProInversión, the Ministry of Economy and Finance, or the Comptroller General, while technical observations from regulators could be integrated as contractual milestones linked to management decisions. This redesign enhances transparency and fosters a more reliable and efficient framework for sustainable infrastructure investment, drawing on successful cases from countries such as South Korea, Estonia, Colombia, and the United Arab Emirates.

Keywords: *Smart contracts, Blockchain, Transparency, Legal certainty, Digital governance.*

1. INTRODUCCIÓN

El Perú enfrenta una amplia brecha de infraestructura que demanda atención inmediata. Para ello, el Estado dispone de distintos mecanismos que permiten impulsar proyectos, entre los que se encuentran la obra pública tradicional, las Asociaciones Público-Privadas (APP), las Obras por Impuestos (OxI) y los contratos de Gobierno a Gobierno. Dentro de este conjunto de alternativas, las APP sobresalen por sus particularidades, que las convierten en una opción más eficiente y adecuada para reducir la brecha existente.

Las Asociaciones Público-Privadas (APP) se han consolidado en el Perú como un mecanismo clave para el desarrollo de infraestructura y servicios públicos. Desde su adopción, se han implementado más de un centenar de proyectos bajo esta modalidad, movilizandoinversiones por encima de los 36 000 millones de dólares (Banco Interamericano de Desarrollo, s.f.). Sin embargo, los desafíos estructurales para las APP persisten, particularmente en la etapa de estructuración contractual, donde se definen los compromisos, obligaciones y mecanismos de ejecución que regirán la relación público-privada a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto.

Uno de los problemas más críticos en esta etapa es la falta de trazabilidad de los compromisos asumidos, tanto por parte del Estado como del privado. En muchos contratos de APP, el propio Estado asume obligaciones esenciales, como la liberación de inferencias, adquisición de terrenos, o la ejecución de inversiones complementarias, cuyo incumplimiento puede afectar gravemente el desarrollo del proyecto. La ausencia de mecanismos efectivos para monitorear estos compromisos limita la capacidad de fiscalización, incrementa los márgenes de discrecionalidad y debilita la seguridad jurídica para ambas partes, y reduce el grado de confianza de la ciudadanía hacia los proyectos de APP.

Ante este panorama, las tecnologías emergentes, en particular la tecnología *blockchain* y los contratos inteligentes (*smart contracts*), ofrecen una oportunidad concreta para reconfigurar el diseño contractual de las APP. Al incorporar contratos inteligentes desde la fase de estructuración, es posible automatizar el cumplimiento de hitos contractuales, reducir la carga administrativa, mejorar la trazabilidad de los compromisos y fortalecer la transparencia de las relaciones contractuales de cara a los *stakeholders*.

Este enfoque no solo permite verificar el cumplimiento del concesionario, sino también monitorear en tiempo real las obligaciones a cargo del Estado, generando así un modelo más equitativo y transparente. Con ello, es posible acceder a un historial inalterable de eventos contractuales, facilitando auditorías más ágiles y objetivas, y fortaleciendo la gobernanza institucional del sistema de APP.

En consecuencia, este artículo propone una innovación en la arquitectura contractual de las APP peruanas, incorporando tecnología *blockchain* como mecanismo de gobernanza digital. A partir de una revisión del marco normativo vigente y de experiencias internacionales, se plantea así, un modelo contractual que refuerce la confianza entre las partes, facilite la supervisión y promueva una mayor eficiencia y sostenibilidad en la ejecución de los proyectos.



2. DESARROLLO

2.1. Gobernanza digital y APP como bases para un nuevo modelo contractual

2.1.1. Antecedentes de las Asociaciones Público-Privadas en el Perú

Las APP se han consolidado en el Perú como un instrumento para cerrar la brecha de infraestructura y mejorar servicios públicos, con origen en las concesiones de los años noventa. El marco vigente refuerza principios de asignación eficiente de riesgos, sostenibilidad fiscal, transparencia, valor por dinero y eficiencia (Ministerio de Economía y Finanzas, 2018).

En el Perú se han adjudicado más de 160 proyectos por más de USD 36 000 millones en transporte, energía, telecomunicaciones, saneamiento y salud (PROINVERSIÓN, 2023), esto a pesar de desafíos y complejidad contractual y estructuración costosa, que se reflejan en demoras en la entrega de terrenos, permisos y liberación de interferencias; renegociaciones frecuentes que erosionan la previsibilidad, y baja trazabilidad de hitos, lo que dificulta la fiscalización y eleva la conflictividad (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE, 2020; Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe - CAF 2020). El reto ya no es solo adjudicar, sino gestionar con transparencia y eficiencia todo el ciclo contractual, incorporando tecnologías emergentes que habiliten trazabilidad y rendición de cuentas en tiempo real.



2.1.2. Costos de transacción y complejidad contractual en APP

Las APP al derivar en contratos de larga duración, con un alto monto de inversión y compleja distribución de riesgos, tienden a elevar los costos de transacción y la complejidad contractual. Desde la economía de costos de transacción, los contratos son incompletos (Williamson, 1985) y, en APP, esa deficiencia se acentúa por la multiplicidad de actores y la coordinación interinstitucional; las reglas formales e informales condicionan esos costos (North, 1990) y la fragmentación política los agrava (Spiller y Tommasi, 2007).

En el Perú, esto se manifiesta en toda la cadena, durante la estructuración, contratos extensos con numerosos anexos no impiden vacíos que luego derivan en arbitrajes o renegociaciones (Engel, et al., 2014), y en la ejecución, la baja trazabilidad de hitos y la dependencia de reportes manuales encarecen la supervisión y retrasan decisiones (OCDE, 2020). A ello se suman incumplimientos o demoras estatales en liberar terrenos, reubicar o liberar interferencias o ejecutar inversiones complementarias, una causa recurrente de sobre costos y retrasos (CAF, 2020; PROINVERSIÓN, 2023).

El resultado es menor predictibilidad y seguridad jurídica, debilitando el “valor por dinero” y la viabilidad financiera (Yescombe, 2017). Para mitigarlo, se requiere simplificar procesos, digitalizar la gestión contractual (trazabilidad y monitoreo en tiempo real), clarificar la asignación de riesgos y fortalecer la gobernanza interinstitucional a lo largo de todo el ciclo de la APP.

2.1.3. Tecnología blockchain como infraestructura de confianza

La *blockchain* es una infraestructura digital descentralizada que registra datos de forma segura, inmutable y verificable mediante validación distribuida en una red de nodos.

Cada bloque agrupa transacciones verificadas, incluye marca temporal y un *hash* que enlaza con el bloque previo. Cualquier alteración rompe la cadena y se detecta de inmediato, preservando la integridad del registro. Este libro mayor compartido y a prueba de manipulaciones resulta especialmente útil en relaciones de largo plazo con múltiples actores.

En gobernanza digital, distintos organismos han destacado su aporte para registros auditables en tiempo real, la lucha contra la corrupción y la mejora de la transparencia y rendición de cuentas, incluso reduciendo costos de supervisión en proyectos complejos.

2.1.4. Contratos inteligentes como instrumento de ejecución automática

Los contratos inteligentes, smart contracts, son programas informáticos que permiten la ejecución automática de cláusulas contractuales al cumplirse condiciones previamente codificadas. A diferencia de los contratos tradicionales, que requieren verificaciones manuales y procedimientos administrativos, los smart contracts operan sobre plataformas blockchain, garantizando que cada evento contractual quede registrado de manera inmutable, verificable y transparente (Szabo, 1997; Mougayar, 2016).

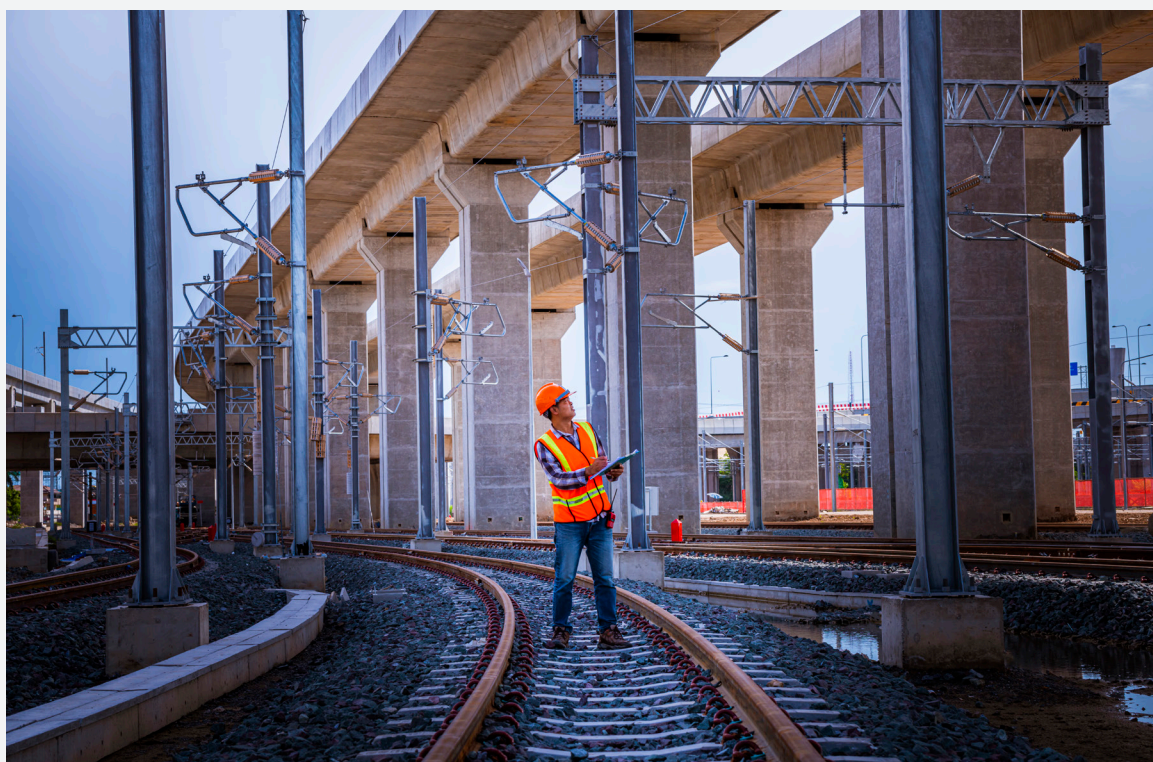
En el ámbito de las Asociaciones Público-Privadas (APP), esta tecnología representa un cambio de paradigma en la gobernanza contractual. Los hitos críticos de un contrato; como la liberación de un pago, la aplicación de penalidades o la actualización de garantías, pueden programarse en la blockchain para ejecutarse automáticamente una vez que exista evidencia digital validada del cumplimiento (Catalini & Gans, 2020).

Un ejemplo concreto sería la programación de desembolsos por avance de obra. Estos pagos podrían liberarse únicamente cuando un supervisor acreditado cargue un certificado digital de avance o cuando un sensor del Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) confirme la ejecución física correspondiente. El IoT se refiere a la interconexión de dispositivos físicos capaces de recopilar y transmitir datos en tiempo real, lo que permite validar objetivamente el cumplimiento de hitos constructivos. Este enfoque ha sido señalado como una de las aplicaciones más relevantes de los contratos inteligentes en proyectos de infraestructura (World Economic Forum, 2021).



A partir de este modelo, pueden identificarse diversas implicancias para la gestión contractual de las APP, las cuales se resumen en el cuadro presente en el anexo 1. La literatura económica respalda estas ventajas. Hart (2003) señala que los contratos son inherentemente incompletos por lo que la automatización de obligaciones observables mediante smart contracts reduce las renegociaciones y mejora la alineación de incentivos. En contratos de infraestructura de largo plazo, los mecanismos de verificación creíbles son determinantes para sostener la confianza entre las partes (Engel, et al., 2014). En esta línea, los smart contracts complementan, pero no reemplazan los contratos jurídicos tradicionales, ya que automatizan las cláusulas objetivables y dejan a la normativa vigente aquellas que requieren interpretación legal o flexibilidad ante contingencias.

Finalmente, las experiencias internacionales aportan evidencia concreta sobre el potencial de los contratos inteligentes. En primer lugar, en Colombia el Departamento Nacional de Planeación (DNP) implementó pilotos en proyectos de conectividad donde los pagos se liberaban automáticamente tras verificar el cumplimiento de hitos técnicos (DNP, 2023). De manera complementaria, en Dubái los contratos inteligentes han sido aplicados para digitalizar procesos de licenciamiento y pagos, lo que permitió reducir en más de 40 % los costos administrativos (Smart Dubai, 2021). De igual forma, en Corea del Sur esta tecnología se ha utilizado para registrar cronogramas y supervisiones en obras públicas, fortaleciendo la rendición de cuentas y disminuyendo retrasos (Ministry of Environment and Forests, 2022).



2.1.5. Relevancia para el caso peruano

La experiencia internacional evidencia que la blockchain y los contratos inteligentes constituyen herramientas que mejoran la confianza en proyectos de infraestructura. En el Perú, estas características son especialmente relevantes debido a las condiciones estructurales que enfrenta la gestión de las Asociaciones Público-Privadas.

En primer lugar, el país presenta una alta rotación de funcionarios públicos y un marco de gobernanza fragmentado, lo que genera discontinuidades en la toma de decisiones y en la supervisión de contratos de largo plazo. Según la OCDE (2020), la estabilidad institucional es un factor crítico para asegurar la confianza de los inversionistas, y la digitalización de procesos contractuales puede servir como un mecanismo de mitigación frente a esta volatilidad.

En segundo lugar, las APP en el Perú han enfrentado de manera recurrente demoras en la entrega de terrenos, permisos ambientales y liberación de interferencias, factores que impactan directamente en la ejecución de proyectos de transporte, energía y saneamiento. PROINVERSIÓN (2023) reconoce que estos cuellos de botella constituyen uno de los principales riesgos de retraso. Un sistema de registro distribuido permitiría monitorear en tiempo real estas obligaciones a cargo del Estado, asignando mayor responsabilidad y generando incentivos de cumplimiento.

En tercer lugar, la percepción ciudadana de opacidad y corrupción en la gestión de grandes proyectos de infraestructura ha debilitado la legitimidad social de algunos contratos. De acuerdo con la CAF (2020), la confianza pública es determinante para sostener la continuidad de las APP y atraer financiamiento privado. La trazabilidad inmutable que ofrece la blockchain podría facilitar la publicación de hitos contractuales auditables por la sociedad civil, reforzando la rendición de cuentas.



2.2. Problemática en la estructuración contractual de APP

2.2.1. Panorama general de los desafíos en APP

Aunque el marco legal vigente en el Perú es resultado de una evolución normativa que ha fortalecido los procesos de promoción de la inversión privada, la estructuración de las APP continúa enfrentando obstáculos estructurales a lo largo de todo su ciclo de vida. Estos desafíos no se limitan a la fase de adjudicación, sino que persisten en la gestión contractual, donde se ponen a prueba la asignación de riesgos, la coordinación interinstitucional y la sostenibilidad de los acuerdos de largo plazo.

En términos generales, los problemas más recurrentes se asocian a lo siguiente:

- Asignación ineficiente de riesgos, donde el Estado suele retener riesgos que no puede gestionar, o trasladar excesivamente al privado responsabilidades que encarecen el financiamiento.
- Coordinación débil entre entidades públicas, lo que genera duplicidad de funciones, retrasos en la toma de decisiones y solapamientos normativos.
- Indicadores de desempeño poco precisos o difíciles de verificar, que complican la supervisión y crean espacios de discrecionalidad.
- Mecanismos de monitoreo limitados, que dependen de reportes ex post y no permiten un control concurrente efectivo.

La OCDE (2020) identifica que estas limitaciones de gobernanza en las APP peruanas afectan de manera directa la predictibilidad y confianza de los inversionistas, mientras que el Banco Mundial (2024) subraya que el éxito de una concesión depende no solo del diseño financiero, sino de la existencia de un marco institucional capaz de sostener la disciplina contractual durante décadas. En este sentido, los desafíos actuales no son meramente técnicos, sino de institucionalidad y gobernanza, lo que impacta tanto en la “bancabilidad” del proyecto como en su desempeño operativo y social.

2.2.2. Complejidad contractual y costos de transacción

En el Perú, la estructuración de contratos APP ha logrado avances en regulación y metodologías, pero aún enfrenta una complejidad excesiva que eleva los costos de transacción a lo largo de todo el ciclo contractual, desde la preparación y negociación hasta la implementación y supervisión. Los contratos suelen tener cientos de páginas con anexos técnicos, financieros y ambientales que, lejos de prevenir conflictos, generan vacíos normativos y controversias. Casos como las concesiones viales evidencian renegociaciones frecuentes por cláusulas ambiguas, lo que incrementa los costos de supervisión y reduce la confianza de los inversionistas. Además, la fragmentación institucional y la necesidad de coordinar con múltiples entidades retrasan la ejecución y debilitan la seguridad jurídica, afectando la bancabilidad de los proyectos. Esta complejidad no ha evitado disputas, sino que ha encarecido la gestión y deteriorado la confianza en el modelo de APP.

2.2.3. Demoras y limitaciones en obligaciones estatales

Uno de los principales factores que generan ineficiencias en las APP en el Perú es el incumplimiento o retraso de obligaciones estatales vinculadas a la liberación de terrenos, permisos ambientales, reubicación de interferencias y obras públicas complementarias. La OCDE (2020) advierte que los retrasos en la entrega de predios son uno de los riesgos más frecuentes, debido a la complejidad de los procesos de expropiación y saneamiento. De igual forma, la CAF (2020) identifica la gestión de interferencias, como un cuello de botella recurrente que provoca paralizaciones, ampliaciones de plazo y renegociaciones contractuales. PROINVERSIÓN (2023) añade que los plazos para aprobar estudios de impacto ambiental y licencias sectoriales superan con frecuencia lo previsto, afectando la confianza y el financiamiento de los proyectos.

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF, 2022) ha reconocido que estas demoras constituyen un riesgo de alto impacto que debe mitigarse desde la estructuración. Las consecuencias abarcan mayores costos, arbitrajes, retrasos en la puesta en servicio y pérdida de credibilidad del Estado frente a inversionistas de largo plazo. En conclusión, las deficiencias de capacidad institucional y coordinación intersectorial reducen la viabilidad de los proyectos y refuerzan la urgencia de herramientas que aseguren trazabilidad, transparencia y cumplimiento verificable.

2.2.4. Asimetrías de información y trazabilidad limitada

Un obstáculo persistente en la gestión de las APP en el Perú son las asimetrías de información entre Estado, concesionarios y órganos de control. El Estado carece de mecanismos para verificar en tiempo real el cumplimiento de las obligaciones, mientras que los privados concentran información más actualizada sobre avances y operación. La OCDE (2020) advierte que la supervisión es principalmente ex post, basada en reportes manuales y auditorías tardías, lo que impide detectar desviaciones a tiempo. Esta falta de trazabilidad digital reduce la transparencia hacia la ciudadanía y debilita la legitimidad social de los proyectos.

La CAF (2020) señala que esta brecha genera un círculo de desconfianza: el Estado sospecha de ventajas informativas del privado, mientras que el privado teme decisiones discrecionales. Ello alimenta renegociaciones, controversias y mayores costos de supervisión. PROINVERSIÓN (2023) reconoce, además, que las plataformas actuales de gestión no están interconectadas con los sistemas públicos, lo que fragmenta la información sobre hitos, pagos y penalidades; limita la generación de indicadores, y debilita la rendición de cuentas.

2.2.5. Renegociaciones y arbitrajes frecuentes

Uno de los principales retos de las APP en el Perú es la alta incidencia de renegociaciones y arbitrajes que erosionan la confianza de los inversionistas y comprometen el valor por dinero del Estado. Estas renegociaciones suelen originarse en contratos incompletos, proyecciones de demanda inadecuadas o retrasos en las obligaciones estatales. La literatura muestra que este problema es estructural: Guasch (2004), en un estudio del Banco Mundial, evidenció que más del 50 % de los contratos de concesión en transporte en América Latina fueron renegociados en los tres primeros años, patrón replicado en el Perú en sectores como Carreteras, Energía y Saneamiento.

Engel et al. (2014) sostienen que estas prácticas revelan fallas de diseño institucional y de supervisión, al trasladar al contrato lo no resuelto en la licitación inicial. Ello incrementa los costos de transacción, fomenta captura regulatoria y puede generar transferencias de valor ineficientes. En el caso peruano, la CAF (2020) destaca que las renegociaciones han afectado especialmente a concesiones viales, con controversias sobre terrenos, cambios de alcance y variaciones de demanda que derivaron en procesos arbitrales internacionales. Estos han generado costos fiscales adicionales y prolongado la incertidumbre de los proyectos. La OCDE (2020) advierte que la frecuencia de arbitrajes refleja una gobernanza contractual frágil, donde la resolución de disputas dejó de ser un último recurso para convertirse en mecanismo rutinario de ajuste. Esto reduce la predictibilidad jurídica, debilita la credibilidad del Estado y eleva el riesgo país. El Banco Mundial (2020) añade que esta recurrencia desalienta la competencia en licitaciones, pues los inversionistas asumen que podrán renegociar condiciones tras la adjudicación, generando propuestas poco realistas. A ello se suma la injerencia política, que en ocasiones ha alterado contratos válidos por intereses coyunturales, ocasionando indemnizaciones al Estado. Frente a este escenario, el uso de blockchain y contratos inteligentes se plantea como una alternativa innovadora para reforzar la institucionalidad, reducir discrecionalidad y garantizar mayor seguridad jurídica para el Estado y los inversionistas.



2.2.6. Fragmentación y débil gobernanza institucional

La fragmentación institucional constituye uno de los principales desafíos para la estructuración y gestión de las APP en el Perú. La participación simultánea de múltiples actores introduce desalineaciones de intereses y duplicidad de funciones, lo que incrementa los costos de coordinación y reduce la eficiencia de los contratos.

En la práctica, esta fragmentación se traduce en procesos de decisión lentos e incoherentes, donde los incentivos políticos de corto plazo entran en conflicto con los compromisos de largo plazo que demandan las APP. Spiller y Tommasi (2007) destacan que, en contextos institucionales débiles, la multiplicidad de actores con agendas heterogéneas impide sostener acuerdos creíbles a lo largo del tiempo. En el caso peruano, esta situación se refleja en la dificultad para ejecutar proyectos cuando cambian gobiernos o autoridades sectoriales, lo que afecta la continuidad y genera incertidumbre en los inversionistas privados.

Las APP en el Perú carecen de un sistema de gobernanza contractual integrado, en el que las responsabilidades de las entidades se articulen de manera coherente (OCDE, 2020). Actualmente, la toma de decisiones se encuentra dispersa entre diversos organismos, lo que provoca retrasos, solapamiento normativo y limitada rendición de cuentas. Esta debilidad institucional afecta la predictibilidad del modelo y dificulta la atracción de capital privado en sectores estratégicos como Transporte y Saneamiento. Asimismo, la falta de mecanismos de coordinación interinstitucional limita la capacidad del Estado para responder oportunamente a los conflictos contractuales (CAF, 2020). Ello conduce a una gestión reactiva, centrada en renegociaciones y arbitrajes, en lugar de una gobernanza preventiva y estratégica de los contratos.



2.2.7. Relevancia de abordar la problemática

La persistencia de deficiencias en la estructuración y gestión contractual de las APP en el Perú, como la complejidad excesiva de los contratos, las demoras en obligaciones estatales, las asimetrías de información, la recurrencia de renegociaciones y la fragmentación institucional tiene consecuencias directas sobre la eficiencia del modelo y la credibilidad del Estado frente a los inversionistas. Estos problemas no solo incrementan los costos de transacción y supervisión, sino que además, deterioran la predictibilidad y reducen la capacidad del país para atraer capital privado en un contexto de creciente competencia internacional por financiamiento en infraestructura.

Abordar estas limitaciones es fundamental para garantizar que las APP cumplan su propósito original; cerrar de manera sostenible la brecha de infraestructura y mejorar los servicios públicos. La experiencia comparada muestra que los países que han logrado consolidar sus programas de APP son aquellos que han fortalecido la gobernanza contractual, han reducido la discrecionalidad administrativa y han establecido mecanismos de control concurrente y trazabilidad de la información. Ignorar estas deficiencias prolongaría la dinámica de renegociaciones y arbitrajes, generando una percepción de inseguridad jurídica que compromete la continuidad de los proyectos y la confianza ciudadana en este modelo.

2.3. Propuesta de solución incorporando APP inteligentes con contratos blockchain

2.3.1. Principios generales de la solución propuesta

La propuesta de APP inteligentes plantea evolucionar el modelo tradicional de asociaciones público-privadas mediante la incorporación de contratos inteligentes sobre tecnología *blockchain*. Este enfoque no busca reemplazar el marco jurídico existente, sino complementarlo con una capa digital de trazabilidad y ejecución automática, que permita reducir costos de supervisión, aumentar la transparencia y fortalecer la seguridad jurídica de los contratos de infraestructura.

En este esquema, los contratos continúan teniendo validez legal en su forma tradicional, pero las cláusulas objetivables, como pagos, penalidades, actualizaciones de garantías o validaciones de hitos constructivos, se trasladan a protocolos autoejecutables en *blockchain*. De esta manera, las APP inteligentes integran la solidez del derecho contractual con las ventajas de la digitalización, reduciendo la discrecionalidad administrativa y mejorando la confianza entre el Estado, los inversionistas y la ciudadanía (Szabo, 1997; Catalini & Gans, 2020).

La base conceptual de esta propuesta se apoya en los siguientes dos principios:

- a) Infraestructura de confianza digital, que garantiza la inmutabilidad y trazabilidad de los registros contractuales.
- b) Ejecución automática condicionada, que asegura el cumplimiento inmediato de las obligaciones verificables, disminuyendo la necesidad de arbitrajes y renegociaciones.

Estos principios responden directamente a las debilidades diagnosticadas en la sección anterior, constituyendo el punto de partida para un modelo de APP más eficiente, transparente y sostenible.

2.3.2. Principales componentes del modelo propuesto

El diseño de unas APP inteligentes descansa en la integración de varios elementos tecnológicos que permiten trasladar los compromisos contractuales a un entorno digital verificable y transparente. Estos componentes actúan de manera complementaria para garantizar la trazabilidad de los hitos, la ejecución automática de obligaciones y el acceso en tiempo real a la información por parte de los actores públicos, privados y de control.

En primer lugar, la blockchain funciona como un registro inmutable de hitos contractuales, donde cada obligación cumplida queda grabada de forma indeleble y verificable. Sobre esta base, los contratos inteligentes codifican cláusulas objetivas; como pagos, penalidades o liberación de garantías, que se ejecutan automáticamente al cumplirse las condiciones programadas. Para conectar el mundo físico con el entorno digital, se incorporan oráculos, que son fuentes confiables de información como sensores del Internet de las Cosas (IoT), supervisores acreditados o certificadores digitales, capaces de validar avances físicos o estándares ambientales. Finalmente, el modelo se completa con la auditoría en tiempo real, que habilita a los órganos de control y a la ciudadanía a monitorear el desempeño contractual de manera continua, reduciendo la discrecionalidad y fortaleciendo la rendición de cuentas.

La articulación de estos elementos se resume en el anexo 2, que presenta una síntesis de los principales componentes de las APP inteligentes, su descripción y ejemplos de aplicación práctica en proyectos de infraestructura.

2.3.3. Del diagnóstico a la propuesta, correspondencias clave

La propuesta de APP inteligentes con contratos *blockchain* responde de manera directa a los problemas estructurales identificados en la sección 3.2. Cada limitación del modelo actual encuentra un correlato en un mecanismo digital que permite reducir los costos de transacción, fortalecer la transparencia y mejorar la gobernanza contractual.

Así, los retrasos en las obligaciones estatales pueden gestionarse mediante un registro inmutable de compromisos y alertas automáticas, que garantizan mayor responsabilidad en la entrega de predios, permisos o interferencias. Las asimetrías de información se enfrentan a través de una plataforma compartida y auditable en tiempo real, accesible tanto a los actores públicos como privados y a los órganos de control.

Del mismo modo, las renegociaciones y arbitrajes frecuentes pueden reducirse mediante la ejecución automática de cláusulas objetivables, limitando la discrecionalidad y la necesidad de ajustes posteriores. La fragmentación institucional se aborda mediante un espacio digital unificado, que centraliza la trazabilidad de hitos y mejora la coordinación entre entidades. Finalmente, la complejidad contractual se simplifica al codificar hitos clave en contratos inteligentes, lo que reduce la carga documental y facilita la supervisión.

La correspondencia entre cada una de estas problemáticas y las soluciones digitales propuestas se presenta de manera sistemática en el anexo 3, donde también se resumen los beneficios esperados de la aplicación de contratos inteligentes y *blockchain* en el modelo de APP.

2.3.4. Beneficios esperados del modelo

La implementación de APP inteligentes con contratos *blockchain* permitiría superar limitaciones históricas del modelo actual, generando impactos tanto en la eficiencia de los proyectos como en la legitimidad institucional. Como se sintetiza en el anexo 3, los principales beneficios se derivan de la reducción de la discrecionalidad administrativa, la mejora en la transparencia contractual y la consolidación de un sistema de gobernanza basado en datos verificables y accesibles en tiempo real. Estos atributos resultan críticos en un país como el Perú, donde la fragmentación institucional y la falta de trazabilidad han debilitado la confianza en los contratos de infraestructura (OCDE, 2020).

En términos económicos, el modelo propuesto reduciría los costos de transacción y supervisión, al automatizar procesos que hoy dependen de verificaciones manuales y renegociaciones frecuentes. El Banco Mundial (2022) ha señalado que la digitalización de contratos públicos permite optimizar el uso de recursos fiscales al disminuir litigios, sobrecostos y retrasos en la ejecución. En consecuencia, la adopción de contratos inteligentes no solo impacta en la eficiencia administrativa, sino que también fortalece la sostenibilidad fiscal del modelo APP.

Finalmente, desde una perspectiva institucional, los beneficios esperados incluyen un mayor control concurrente y rendición de cuentas hacia los órganos de supervisión y la ciudadanía. El acceso público a información verificable sobre avances y obligaciones contractuales refuerza la legitimidad social de los proyectos, un aspecto destacado por la CAF (2020) como condición clave para asegurar la continuidad de las APP. De este modo, los beneficios señalados en el anexo 1 no deben entenderse únicamente como mejoras técnicas, sino como un conjunto de transformaciones que consolidan la estabilidad, predictibilidad y aceptación social del modelo de APP en el Perú.

2.3.5. Condiciones de implementación en el Perú

La adopción de APP inteligentes con contratos *blockchain* en el Perú exige considerar un conjunto de condiciones habilitantes de carácter normativo, tecnológico e institucional. La experiencia internacional demuestra que la incorporación de tecnologías disruptivas en la gestión de infraestructura solo resulta sostenible cuando se implementa de forma gradual, con marcos regulatorios claros y con la participación activa de los órganos de control y fiscalización.

En primer lugar, es necesario un ajuste normativo que reconozca la validez jurídica de los contratos digitales y de los registros en *blockchain* como evidencia válida en los procesos de supervisión y arbitraje. En la actualidad, la normativa peruana en materia de APP no contempla de manera expresa mecanismos de autoejecución digital. La incorporación de un marco legal adaptado permitiría alinear esta innovación con los principios de seguridad jurídica y sostenibilidad fiscal (OCDE, 2020).

En segundo lugar, la implementación requiere asegurar la interoperabilidad tecnológica con las plataformas ya existentes en el Estado. Esta integración es indispensable para que los contratos inteligentes funcionen en concordancia con los flujos administrativos actuales, evitando duplicidad de sistemas o sobrecargas operativas (World Bank, 2022).

Un tercer aspecto clave es el desarrollo de pilotos progresivos en sectores estratégicos. La evidencia de países como Colombia y Dubái muestra que comenzar con proyectos piloto de alcance acotado facilita la validación técnica y la generación de confianza institucional. En el caso peruano, sectores como transporte y saneamiento podrían constituir espacios idóneos para iniciar esta transición, dado su alto impacto social y su trayectoria en la adopción de esquemas de APP (CAF, 2020).

2.4. Del modelo tradicional a las APP inteligentes, un análisis crítico

El modelo tradicional de APP en el Perú presenta limitaciones estructurales que se han reiterado a lo largo de los últimos años; contratos excesivamente complejos, altos costos de transacción, retrasos en la ejecución de obligaciones estatales, asimetrías de información y una gobernanza institucional fragmentada. Estos factores, en conjunto, afectan la previsibilidad de los proyectos y reducen la confianza, tanto de los inversionistas privados como de la ciudadanía, en la capacidad del Estado para cumplir con lo pactado.

La propuesta de APP inteligentes con contratos *blockchain* busca responder a estas deficiencias a través de la digitalización y la trazabilidad en tiempo real de los compromisos contractuales. Mientras el esquema vigente depende de verificaciones manuales y controles ex post, el modelo digital permite un registro inmutable y auditable de cada hito contractual. Este cambio no sustituye al marco legal vigente, sino que lo complementa con una infraestructura tecnológica que reduce espacios de discrecionalidad administrativa y fortalece la rendición de cuentas.

Una de las áreas más críticas del modelo actual son las renegociaciones frecuentes, que han sido una práctica recurrente en concesiones de transporte y energía. Como lo documenta Guasch (2004), más de la mitad de las concesiones de infraestructura en América Latina fueron renegociadas tempranamente, fenómeno que en el Perú también se ha replicado, con altos costos fiscales y reputacionales. Frente a ello, los contratos inteligentes pueden limitar la necesidad de renegociación al automatizar cláusulas objetivas, reduciendo así el margen para ajustes posteriores y evitando controversias innecesarias.

Otro aspecto central de la discusión es la trazabilidad de la información. Bajo el modelo actual, los datos sobre avances de obra, pagos o cumplimiento ambiental suelen estar dispersos entre distintas entidades, lo que dificulta el control concurrente y la participación ciudadana. La implementación de APP inteligentes aportaría un espacio digital único y verificable que facilitaría el acceso en tiempo real tanto a los órganos de control como a la sociedad civil, contribuyendo a fortalecer la legitimidad social de los proyectos. Finalmente, la fragmentación institucional que caracteriza al esquema vigente genera retrasos en la toma de decisiones y duplicidad de competencias. La digitalización mediante *blockchain* no elimina la necesidad de coordinación política, pero sí ofrece un soporte que permite ordenar responsabilidades, reducir solapamientos y consolidar una gobernanza más coherente. Como señala la OCDE (2020), el éxito de los programas de APP depende no solo del financiamiento privado, sino de la solidez de las instituciones que los gestionan, y en este sentido la incorporación de herramientas digitales representa un paso hacia una mayor estabilidad.



2.5. Caso de aplicación prospectiva; planta de tratamiento de drenaje ácido

La implementación de contratos inteligentes en proyectos de Asociación Público-Privada (APP) puede representar una transformación significativa en la forma en que el Estado gestiona sus compromisos contractuales, especialmente en sectores complejos como el ambiental. Tomemos como ejemplo una planta de tratamiento de aguas ácidas de mina, ubicada en una zona altoandina afectada por pasivos mineros. Esta planta, desarrollada bajo la modalidad de APP cofinanciada, contempla una inversión de 250 millones de dólares, con una fase de diseño y construcción de 2 años y una etapa de operación y mantenimiento de 20 años. En este esquema, el financiamiento privado juega un rol fundamental y está condicionado al cumplimiento progresivo de hitos técnicos, legales y financieros. Justamente es en este tipo de contextos donde los contratos inteligentes pueden reducir drásticamente los riesgos asociados a demoras, controversias e intervenciones políticas.

Uno de los hitos más críticos en APP es el cierre financiero, el cual, bajo un modelo tradicional, puede enfrentarse a retrasos o incluso incumplimientos que afectan la viabilidad del proyecto. Con tecnología *blockchain*, el contrato inteligente puede programarse para activarse únicamente cuando el concesionario carga certificados de financiamiento asegurado, debidamente validados por entidades financieras con firma digital y códigos hash, generando trazabilidad y certeza. Si el cierre financiero no se logra en el plazo establecido, el sistema puede activar automáticamente la resolución del contrato, protegiendo al Estado sin necesidad de procesos engorrosos o interpretaciones legales subjetivas.

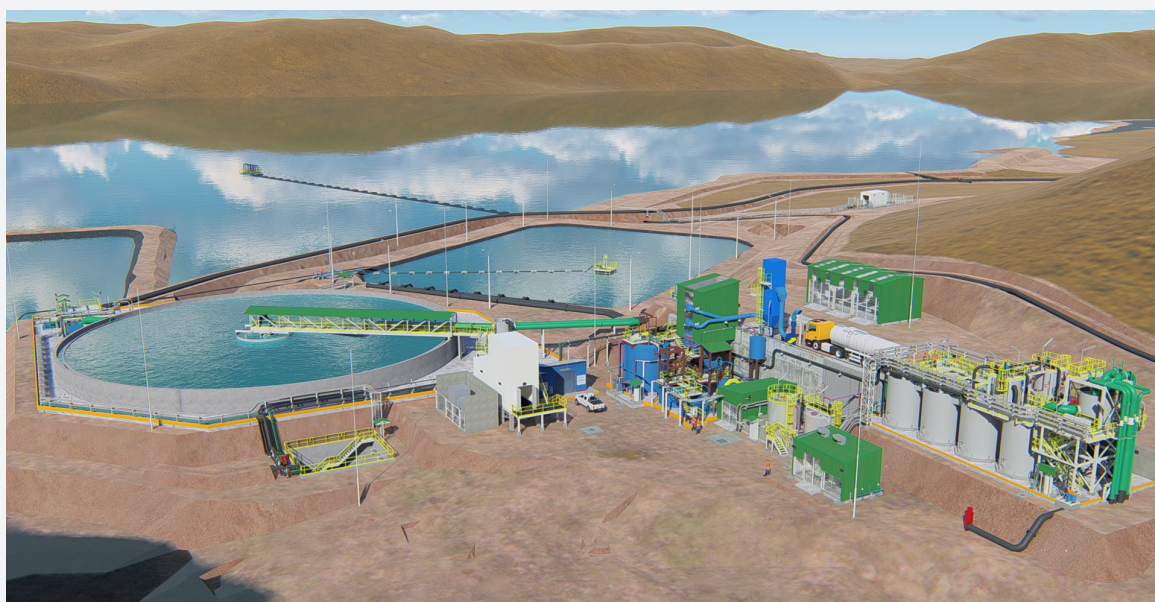
Asimismo, hitos como la entrega del expediente técnico, la presentación de garantías contractuales o el avance físico de obra pueden automatizarse con reglas claras. Por ejemplo, la entrega del expediente técnico solo se consideraría válida si el documento es cargado por el concesionario, verificado por un supervisor acreditado y cumple con los parámetros técnicos establecidos en el contrato. De igual forma, las cartas fianza o pólizas de seguros se registran digitalmente en la *blockchain*, y su expiración o modificación genera alertas automáticas. Esto elimina zonas grises en la supervisión y otorga al Estado un control más efectivo y transparente.

Durante la construcción, cada hito relevante, como la instalación de la planta de neutralización, el sistema de bombeo o los reactores químicos, puede estar vinculado a evidencias documentales y certificaciones técnicas. El pago correspondiente solo se libera cuando el supervisor técnico certifica electrónicamente el cumplimiento del hito, evitando pagos adelantados o cuestionamientos posteriores. Ya en la etapa de operación, sensores instalados en la planta pueden registrar en tiempo

real parámetros clave como el pH, la cantidad de agua tratada o la concentración de metales. Esta información alimenta el contrato inteligente que, en función de esos datos, autoriza o retiene el pago por servicio, activando incluso penalidades automáticas si se incumplen los estándares ambientales. Un aspecto crucial de este modelo es la transparencia. La ciudadanía, las comunidades locales, la Contraloría y la academia pueden acceder a un portal público vinculado a la *blockchain*, que presenta el avance del proyecto en tiempo real. Esto no solo legitima el proyecto ante los ojos de la sociedad, sino que previene rumores, suspicacias y posibles conflictos sociales derivados de la opacidad.

Finalmente, este tipo de arquitectura contractual también protege frente a intervenciones políticas arbitrarias. En el Perú, ya se han visto casos donde autoridades de turno modifican condiciones contractuales por motivaciones ajenas al interés público, lo que termina derivando en arbitrajes internacionales e indemnizaciones millonarias. Los contratos inteligentes limitan estas prácticas al exigir que cualquier modificación esté firmada electrónicamente por ambas partes, con registro inalterable en *blockchain*, asegurando el principio de legalidad y fortaleciendo la institucionalidad.

Este ejemplo de una planta de tratamiento de aguas ácidas demuestra que las APP inteligentes, soportadas por tecnología *blockchain*, no solo optimizan la gestión de hitos contractuales complejos, sino que también generan un entorno de confianza, eficiencia y legitimidad. En lugar de reemplazar las reglas del juego, las refuerzan con herramientas digitales que permiten una gobernanza más robusta, especialmente en sectores sensibles como el ambiental.



3. CONCLUSIONES

La transición hacia APP inteligentes, sustentadas en *blockchain* y contratos autoejecutables, no es una opción futurista sino una necesidad inmediata para un país que enfrenta una de las mayores brechas de infraestructura en la región. Este nuevo enfoque no reemplaza el marco jurídico vigente, sino que lo potencia con una capa digital que asegura trazabilidad, reduce la discrecionalidad y facilita la rendición de cuentas en tiempo real.

El análisis evidencia que los problemas estructurales del modelo de APP en el Perú, complejidad contractual, demoras en obligaciones estatales, arbitrajes recurrentes y fragmentación institucional, pueden mitigarse mediante la automatización de hitos y la verificación objetiva de compromisos. En este sentido, la tecnología no solo optimiza procesos, sino que refuerza la legitimidad del Estado frente a los inversionistas y la ciudadanía.

La experiencia internacional demuestra que estos mecanismos son viables y generan beneficios concretos en costos, eficiencia y confianza. Para el Perú, su implementación progresiva a través de proyectos piloto en sectores estratégicos permitiría sentar las bases de una gobernanza digital robusta, alineada con estándares internacionales de transparencia y sostenibilidad.

En suma, apostar por APP inteligentes equivale a avanzar hacia un modelo de infraestructura pública más confiable, fiscalmente responsable y socialmente legítimo. Se trata de un cambio de paradigma que, de aplicarse con decisión política y visión institucional, puede convertir la innovación digital en un pilar de desarrollo sostenible y de confianza renovada en la inversión público-privada.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Banco Mundial. (2020). *Private participation in infrastructure (PPI) report*. World Bank Group. <https://ppi.worldbank.org>

Banco Mundial. (2022). *Blockchain for infrastructure: Innovations and opportunities in public-private partnerships*. World Bank Group. <https://www.worldbank.org>

CAF. (2020). *Guía para la estructuración de proyectos APP sostenibles*. Corporación Andina de Fomento. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/1664>

Catalini, C., & Gans, J. (2020). *Some simple economics of the blockchain*. Communications of the ACM, 63(7), 80–90. <https://doi.org/10.1145/3359552>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). *Pilotos de blockchain para APP y obras públicas*. Gobierno de Colombia.

Dodgson, M., & Gann, D. (2019). *Innovación: una breve introducción* (D. Otero-Piñeiro, Trad.). Antoni Bosch editor. (Trabajo original publicado en 2010).

e-Estonia. (s. f.). KSI blockchain. <https://e-estonia.com/solutions/cyber-security/ksi-blockchain/>

Engel, E., Fischer, R., & Galetovic, A. (2014). *The economics of public-private partnerships: A basic guide*. Cambridge University Press.

Guasch, J. L. (2004). Granting and renegotiating infrastructure concessions: *Doing it right*. World Bank Institute, World Bank. <https://documents.worldbank.org/en/publication/documents-reports/documentdetail/921471468765285236/granting-and-renegotiating-infrastructure-concessions-doing-it-right>

Hart, O. (2003). Incomplete contracts and public ownership: Remarks, and an application to public–private partnerships. *The Economic Journal*, 113(486), C69–C76. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.00119>

Ko, T., & Shin, D. (2020). *Blockchain applications in government and public sector: A global overview*. Government Information Quarterly, 37(4), 101–423. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2020.101423>

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2018). *Lineamientos para el desarrollo de las fases de formulación, estructuración y transacción en los proyectos de Asociaciones Público-Privadas*. Ministerio de Economía y Finanzas del Perú. https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/normas_app/lineamientos_fases_app.pdf

Ministerio de Economía y Finanzas (MEF). (2022). *Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad al 2030*. Gobierno del Perú.

Ministry of Economy and Finance (MOEF). (2022). *Blockchain Industry Promotion Strategy*. Government of South Korea.

Mougayar, W. (2016). *The business blockchain: Promise, practice, and application of the next Internet technology*. Wiley.

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A., & Goldfeder, S. (2016). *Bitcoin and cryptocurrency technologies: A comprehensive introduction*. Princeton University Press.

North, D. C. (1990). *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge University Press.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). (2020). *Public-Private Partnerships Review of Peru: Infrastructure Governance and the Role of the Private Sector*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264291869-en>

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). (2022). *Blockchain for good: Blockchain technology in the fight against corruption*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3c4f3e3c-en>

PROINVERSIÓN. (2023). *Guía de estructuración de proyectos APP – Perú*. Agencia de Promoción de la Inversión Privada. <https://www.proinversion.gob.pe/>

Smart Dubai. (2021). *Dubai Blockchain Strategy 2030*. Smart Dubai & Dubai Future Foundation. <https://www.smartdubai.ae>

Spiller, P. T., & Tommasi, M. (2007). *The institutional foundations of public policy in Argentina: A transactions cost approach*. Cambridge University Press.

Swan, M. (2015). *Blockchain: Blueprint for a new economy*. O'Reilly Media.

Szabo, N. (1997). *Formalizing and securing relationships on public networks*. First Monday, 2(9). <https://doi.org/10.5210/fm.v2i9.548>

Tapscott, D., & Tapscott, A. (2016). *Blockchain revolution: How the technology behind Bitcoin is changing money, business, and the world*. Penguin.

Williamson, O. E. (1985). *The economic institutions of capitalism*. Free Press.

World Economic Forum [WEF]. (2018). *Blockchain beyond the hype: A practical framework for business leaders*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org>

World Economic Forum [WEF]. (2021). *Blockchain deployment toolkit: Insights from the Global Future Council on Cryptocurrencies*. World Economic Forum. <https://www.weforum.org>

Yescombe, E. R. (2017). *Public-private partnerships: Principles of policy and finance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., & Wang, H. (2017). *An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends*. Proceedings of the 2017 IEEE International Congress on Big Data, 557–564. <https://doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>

5. ANEXOS

Anexo 1. Implicancias del uso de contratos inteligentes en APP

Implicancia	Descripción
Reducción de la discrecionalidad administrativa	El cumplimiento se verifica mediante datos objetivos (certificados digitales, sensores, oráculos), lo que minimiza decisiones unilaterales y reduce riesgos de corrupción.
Seguridad jurídica reforzada	La ejecución automática y el registro inmutable de cada hito contractual en <i>blockchain</i> fortalecen la previsibilidad y la confianza entre las partes.
Mayor eficiencia operativa	La automatización de pagos, penalidades y garantías disminuye tiempos de validación, reduce trámites administrativos y optimiza flujos financieros.
Control concurrente más efectivo	Los órganos de control y fiscalización pueden auditar los hitos contractuales en tiempo real, facilitando la transparencia y el monitoreo preventivo.

Fuente. Elaboración propia

Anexo 2. Principales componentes del modelo APP inteligente

Componente	Descripción	Evidencias
Registro inmutable de hitos	La <i>blockchain</i> almacena de forma descentralizada y verificable cada hito contractual, garantizando su integridad y evitando manipulaciones.	Actas de entrega de terrenos, certificados de cumplimiento ambiental, validación de avance de obra.
Contratos inteligentes	Protocolos digitales que ejecutan automáticamente cláusulas contractuales objetivas al cumplirse condiciones predefinidas.	Liberación de pagos por avance, aplicación de penalidades por incumplimiento, actualización automática de garantías.
Oráculos	Mecanismos que conectan datos del mundo real con la <i>blockchain</i> , validando hechos externos de manera confiable.	Sensores del Internet de las Cosas (IoT) para confirmar avance físico, supervisores acreditados que suben certificados digitales, integración con plataformas estatales como Seace y SIAF.
Auditoría en tiempo real	Acceso en línea a la información contractual para entidades de control, lo que facilita el monitoreo concurrente y la detección temprana de desviaciones.	Contraloría General de la República revisando hitos en tiempo real; reguladores sectoriales verificando estándares de servicio.
Interfaz pública de transparencia	Portal ciudadano que muestra información esencial de los proyectos (hitos cumplidos, avances financieros, cronogramas).	Publicación de reportes accesibles sobre ejecución de proyectos APP, fortaleciendo la confianza social y la rendición de cuentas.

Fuente. Elaboración propia

Anexo 3. Mapa de problemas y soluciones digitales para APP

Problema identificado	Solución digital propuesta	Beneficio esperado
Complejidad contractual y altos costos de transacción	Codificación de hitos clave en contratos inteligentes y registro inmutable en <i>blockchain</i> .	Simplificación de procesos, reducción de carga documental y menores costos de supervisión.
Demoras y limitaciones en obligaciones estatales	Registro inmutable de compromisos estatales (predios, permisos, interferencias) y alertas automáticas en <i>blockchain</i> .	Mayor responsabilidad del Estado, cumplimiento oportuno y reducción de retrasos en la ejecución.
Asimetrías de información y trazabilidad limitada	Plataforma digital compartida con acceso en tiempo real para Estado, privados y órganos de control.	Transparencia, reducción de brechas informativas y fortalecimiento de la confianza.
Renegociaciones y arbitrajes frecuentes	Ejecución automática de cláusulas objetivables (pagos, penalidades, garantías) mediante contratos inteligentes.	Menor discrecionalidad, disminución de controversias y mayor previsibilidad contractual.
Fragmentación y débil gobernanza interinstitucional	Espacio digital unificado que centraliza la trazabilidad de hitos y conecta a todas las entidades.	Coordinación interinstitucional más eficiente, reducción de solapamientos y decisiones más ágiles.
Panorama general de los desafíos	Integración de <i>blockchain</i> como infraestructura de confianza y auditoría concurrente en tiempo real.	Mejora de la gobernanza contractual, mayor seguridad jurídica y legitimidad del modelo APP.

Fuente. Elaboración propia

PRO INVERSIÓN

PRO
INVERSIÓN

Av. Enrique Canaval y Moreyra 150
Piso 9, San Isidro
Lima 27 / PERÚ
T: +51 1 200 1200

www.investinperu.pe

